

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-031493

(43)Date of publication of application : 31.01.2003

(51)Int.Cl. H01L 21/027
G01B 21/00
G03F 7/20
G03F 9/02

(21)Application number : 2002-125047 (71)Applicant : ASML US INC
(22)Date of filing : 25.04.2002 (72)Inventor : NELSON MICHAEL L
KREUZER JUSTIN L
FILOSI PETER L
MASON CHRISTOPHER J

(30)Priority

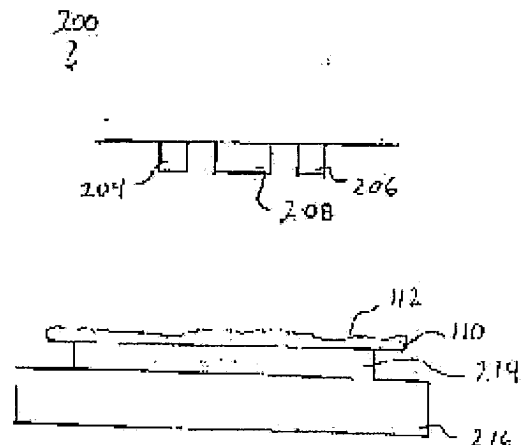
Priority number : 2001 841187 Priority date : 25.04.2001 Priority country : US

(54) METHOD AND SYSTEM FOR IMPROVING FOCUS PRECISION IN LITHOGRAPHY SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an improved focusing system which can be used for keeping the size of feature produced on the surface of a substrate uniform.

SOLUTION: The focusing system has a calibration sensor for judging a proper focus distance before positioning a specific region below an exposure region for a specific region on an upper surface of a substrate, a secondary control sensor which generates a first measured value for a specific region of a proper focus distance and wherein a first control sensor generates a first measured value before a specific region is positioned below an exposure region, a first control sensor which generates a second measured value while



a specific region is positioned below an exposure region, and a focus adjuster which adjusts an actual focus distance based on first and second measured values while a specific region is positioned below the exposure region.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-31493

(P2003-31493A)

(43) 公開日 平成15年1月31日 (2003.1.31)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	デマコト* (参考)
H 0 1 L 21/027		G 0 1 B 21/00	C 2 F 0 6 9
G 0 1 B 21/00		G 0 3 F 7/20	5 0 4 2 H 0 9 7
G 0 3 F 7/20	5 0 4		5 2 1 5 F 0 4 6
	5 2 1	9/02	H
9/02		H 0 1 L 21/30	5 2 6 Z
審査請求 未請求 請求項の数51 O L (全 18 頁)			

(21) 出願番号 特願2002-125047(P2002-125047)

(22) 出願日 平成14年4月25日(2002.4.25)

(31) 優先権主張番号 09/841, 187

(32) 優先日 平成13年4月25日(2001.4.25)

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 502150225

エイエスエムエル ユーエス, インコー
ポレイテッド

アメリカ合衆国 コネチカット 06897-
0877, ウィルトン, ダンベリー ロード 77

(72) 発明者 マイケル エル. ネルソン

アメリカ合衆国 コネチカット 06896,
ウエスト レッディング, ピースエイ
ブル ストリート 15

(74) 代理人 100078282

弁理士 山本 秀策 (外2名)

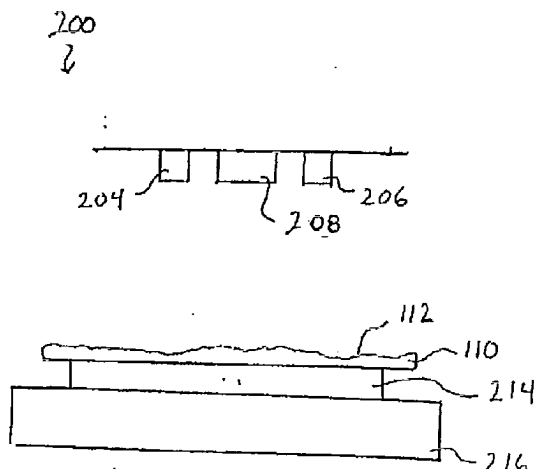
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リソグラフィシステムのフォーカス精度を向上させるための方法およびシステム

(57) 【要約】

【課題】 基板の表面上に生成されたフィーチャのサイズを均一に維持するために用いることが可能な、改良されたフォーカスシステムを提供すること。

【解決手段】 本発明は、フォーカスシステムであって、基板の上部表面上の特定領域について、特定領域を露光領域の下に位置付ける前に適切なフォーカス距離を判定する較正センサと、適切なフォーカス距離の特定領域について、第1の測定値を生成する二次制御センサであって、特定領域が露光領域の下に位置付けられる前に、一次制御センサが第1の測定値を生成する、二次制御センサと、特定領域について、特定領域が露光領域の下に位置している間に、第2の測定値を生成する、一次制御センサと、特定領域が露光領域の下に位置している間に、第1および第2の測定値に基づいて、実際のフォーカス距離を調節するフォーカス調節器とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板の上部表面にイメージを露光する露光領域を含むリソグラフィシステムのフォーカス精度を向上させる方法であって、

(a) 基板の上部表面上の特定の領域について、適切なフォーカス精度を判定する工程であって、該適切なフォーカス精度は、該特定領域が該露光領域の下に位置していないときに、較正センサを用いて判定される、工程と、

(b) 該適切なフォーカス距離で、該特定領域について、第1の測定値を生成する工程であって、該第1の測定値は、該特定領域が該露光領域の下に位置していないときに、二次制御センサを用いて生成される、工程と、

(c) 該特定領域について、該第2の測定値を生成する工程であって、該第2の測定値は、該特定領域が該露光領域の下に位置している間に、一次制御センサを用いて生成される、工程と、

(d) 該特定領域が該露光領域の下に位置している間に、該第1および第2の測定値に基づいて、実際のフォーカス距離を調節する工程と、を包含し、該較正センサが、二次制御センサおよび一次制御センサよりも高いフォーカス精度を有する、方法。

【請求項2】 (e) 露光領域を用いて、イメージの少なくとも一部分を特定領域に露光する工程をさらに包含する、請求項1に記載の方法。

【請求項3】 第1の測定値は、前記二次制御センサが前記特定領域から適切なフォーカス位置にある場合に、該二次センサが生成する出力に相当し、
前記第2の測定値は、該特定領域が前記露光領域の下に位置する場合に、一次制御センサの出力に相当する、請求項1に記載の方法。

【請求項4】 前記工程(d)は、前記一次センサが、前記特定領域が前記露光領域の下に位置している間に、前記第1の測定値を生成するまで、該特定領域の位置を調節することによって、前記実際のフォーカス距離を調節する工程を含む、請求項3に記載の方法。

【請求項5】 前記工程(d)が、
(i) 前記第2の測定値と前記第1の測定値との間の差を判定する工程と、

(ii) 該差に基づいて、前記特定領域の位置を調節する工程と、請求項3に記載の方法。

【請求項6】 前記第1の測定値が、前記特定領域を前記露光領域の下に位置付ける前の、前記二次制御センサと該特定領域との間の距離D1に関連し、
前記第2の測定値が、該特定領域が該露光領域の下に位置している間の、前記一次制御センサと該特定領域との間の距離D2に関連する、請求項1に記載の方法。

【請求項7】 前記工程(d)が、距離D2を距離D1に等しくなるように調節して、前記特定領域を、前記露光領域から適切なフォーカス距離に位置付けることによ

って、前記フォーカス距離を調節する工程を包含する、請求項6に記載の方法。

【請求項8】 前記較正センサは、少なくとも1つの空気ゲージを備える、請求項1に記載の方法。

【請求項9】 前記一次制御センサは、少なくとも1つのキャパシタンスゲージを備え、該一次制御センサは、前記二次制御センサと実質的に同一である、請求項8に記載の方法。

【請求項10】 前記較正センサは、少なくとも1つの光学ゲージを備える、請求項1に記載の方法。

【請求項11】 前記較正センサは、少なくとも1つの近接プローブを備える、請求項1に記載の方法。

【請求項12】 前記露光領域は、レンズを備える、請求項1に記載の方法。

【請求項13】 前記露光領域は、電子ビームを投影する、請求項1に記載の方法。

【請求項14】 前記露光領域は、影を投影する、請求項1に記載の方法。

【請求項15】 前記工程(a)、(b)、(c)および(d)のそれぞれに記載の前記特定領域は、同じ基板上に位置する、請求項1に記載の方法。

【請求項16】 前記工程(c)および(d)に記載の前記特定領域は、前記工程(a)および(b)に記載の前記特定領域とは、異なる基板上に位置する、請求項1に記載の方法。

【請求項17】 前記異なる基板は、前記工程(a)および(b)に記載の特定領域とは、異なるウェハ上に位置する、請求項16に記載の方法。

【請求項18】 前記工程(c)および(d)に記載の特定領域は、ウェハの第1のフィールドに位置し、前記工程(a)および(b)に記載の特定領域は、該ウェハの第2のフィールドに位置する、請求項1に記載の方法。

【請求項19】 前記工程(a)および(b)が、前記露光領域から遠隔の位置で行われる、請求項1に記載の方法。

【請求項20】 前記二次制御センサおよび前記一次制御センサは、別個のセンサであるが、互いに実質的に同一である、請求項1に記載の方法。

【請求項21】 露光パターンに従って、基板の上部表面にイメージを露光する露光領域を含むリソグラフィシステムのフォーカス精度を向上させる方法であって、

(a) 該露光パターンを計算する状態で基板を移動させる工程と、

(b) 適切なフォーカス距離を、該基板が該露光パターンを計算する状態で移動するにつれて、第1のタイプのセンサを用いて判定する工程であって、該適切なフォーカス距離は、それぞれ、該露光領域の下に位置付けられる前の該基板の上部表面上の領域に対応する、工程と、

(c) 一組の測定値を、該基板が該露光パターンを計算

する状態で移動するにつれて、第2のタイプのセンサを用いて生成する工程であって、該特定領域が該第1のタイプのセンサを用いて判定された適切なフォーカス距離にあるときに、該一組の測定値のうちの各測定値が、該基板の上部表面上の領域に対応する、工程と、

(d) 該露光パターンに従って、該該基板の上部表面上の特定領域が該露光領域の下に位置するように該基板を移動させる工程と、

(e) 該露光領域の下に該特定領域について、特定の測定値を生成する工程であって、該特定の測定値は、第2のタイプのセンサを用いて生成される、工程と、

(f) 該特定の測定値および該一組の測定値のうちの対応する測定値に基づいて、フォーカス距離を調節する工程と、を包含し、該第1のタイプのセンサが、該第2のタイプのセンサよりも高いフォーカス精度を有する、方法。

【請求項22】 (g) 該イメージの少なくとも一部分を、露光領域を用いて、該特定の領域に露光する工程をさらに包含する、請求項21に記載の方法。

【請求項23】 (h) 該露光パターンに従って、前記上部表面上の他の特定領域が前記露光領域の下に位置するように前記基板を移動させる工程と、

(i) 前記工程(e)、(f)、(g)、および(h)を複数回繰り返す工程と、をさらに包含する、請求項12に記載の方法。

【請求項24】 前記工程(f)が、前記特定領域が前記露光領域の下にある間に、前記第2のタイプのセンサが前記一組の測定値のうちの対応する測定値を生成するまで該特定領域の位置を調節することによって、前記フォーカス距離を調節する工程を包含する、請求項21に記載の方法。

【請求項25】 前記工程(f)が、

(i) 前記特定領域に関する前記特定の測定値と、前記一組の測定値のうちの対応する測定値との間の差を判定する工程と、

(ii) 該差に基づいて、該特定領域の位置を調節する工程と、を包含する、請求項21に記載の方法。

【請求項26】 前記第1のタイプのセンサが、少なくとも空気ゲージを備える、請求項21に記載の方法。

【請求項27】 前記第2のタイプのセンサが、少なくとも1つのキャパシタンスゲージを備える、請求項26に記載の方法。

【請求項28】 前記工程(a)、(b)、および(c)が、前記露光領域から遠隔の位置で行われる、請求項21に記載の方法。

【請求項29】 前記一組の測定値を判定するために用いられる前記第2のタイプのセンサは、前記特定測定値を判定するために用いられる第2のタイプのセンサと、別個であるが、実質的に同一である、請求項21に記載の方法。

【請求項30】 前記露光領域がレンズを備える、請求項21に記載の方法。

【請求項31】 リソグラフィシステムにおいて用いられる、露光パターンに従ってイメージを基板に露光する露光領域を含むフォーカスシステムであって、基板の上部表面上の特定領域について、特定領域を露光領域の下に位置付ける前に適切なフォーカス距離を判定する較正センサと、

該適切なフォーカス距離の特定領域について、第1の測定値を生成する二次制御センサであって、該特定領域が該露光領域の下に位置付けられる前に、一次制御センサが第1の測定値を生成する、二次制御センサと、該特定領域について、該特定領域が該露光領域の下に位置している間に、第2の測定値を生成する、一次制御センサと、

該特定領域が該露光領域の下に位置している間に、該第1および第2の測定値に基づいて、実際のフォーカス距離を調節するフォーカス調節器と、を備え、該較正センサが、該二次制御センサおよび該一次制御センサのそれぞれよりも高いフォーカス精度を有する、フォーカスシステム。

【請求項32】 前記第1の測定値は、前記二次制御センサが前記特定領域から前記適切なフォーカス距離にある場合に該二次制御センサが生成する出力に相当し、前記第2の測定値は、該特定領域が前記露光領域の下に位置している間の前記一次制御センサの出力に相当する、請求項31に記載のシステム。

【請求項33】 前記フォーカス調節器は、前記一次制御センサが、前記特定領域が前記露光領域の下に位置している間の第1の測定値を生成するまで、前記特定領域の位置を調節する、請求項32に記載のシステム。

【請求項34】 前記調節器が、前記第2の測定値と前記第1の測定値との間の差に基づいて、前記特定領域の位置を調節する、請求項32に記載のシステム。

【請求項35】 前記第1の測定値が、前記特定領域を前記露光領域の下に位置付ける前の、前記二次制御センサと該特定領域との間の距離D1に関連し、前記第2の測定値が、該特定領域が該露光領域の下に位置している間の、前記一次制御センサと該特定領域との間の距離D2に関連する、請求項31に記載のシステム。

【請求項36】 前記調節器が、距離D2を距離D1に等しくなるように調節して、前記特定領域を、前記露光領域から適切なフォーカス距離に位置付ける、請求項35に記載のシステム。

【請求項37】 前記較正センサは、少なくとも1つの空気ゲージを備える、請求項31に記載のシステム。

【請求項38】 前記二次制御センサは、少なくとも1つのキャパシタンスゲージを備え、前記一次制御センサは、該二次制御センサと実質的に同一である、請求項3

7に記載のシステム。

【請求項39】 前記較正センサおよび前記二次制御センサは、前記露光領域から遠隔に位置し、前記一次制御センサは、該露光領域の近傍に位置する、請求項31に記載のシステム。

【請求項40】 前記較正センサは、少なくとも1つの光学ゲージを備える、請求項31に記載のシステム。

【請求項41】 前記露光領域は、少なくとも1つの近接プローブを備える、請求項31に記載のシステム。

【請求項42】 前記露光領域は、レンズを備える、請求項31に記載のシステム。

【請求項43】 前記露光領域は、電子ビームを投影する、請求項31に記載のシステム。

【請求項44】 前記露光領域は、影を投影する、請求項31に記載のシステム。

【請求項45】 前記較正センサ、前記二次制御センサ、前記一次制御センサ、および前記フォーカス調節器に関して記載された前記特定領域は、同じ基板上に位置する、請求項31に記載のシステム。

【請求項46】 前記較正センサおよび前記二次制御センサに関連して記載された前記特定領域は、前記一次制御センサおよび前記フォーカス調節器に関連して記載された特定領域とは、異なる基板上に位置する、請求項31に記載のシステム。

【請求項47】 前記異なる基板は、前記較正センサおよび前記フォーカス調節器に関して記載された特定領域とは、異なるウェハ上に位置する、請求項46に記載のシステム。

【請求項48】 前記一次制御センサおよび前記フォーカス調節器に関連して記載された特定領域は、ウェハの第1のフィールドに位置し、前記較正センサおよび前記二次制御センサに関連して記載された特定領域は、該ウェハの第2のフィールドに位置する、請求項31に記載のシステム。

【請求項49】 前記較正センサおよび前記二次制御センサが、前記露光領域から遠隔の位置にある、請求項31に記載のシステム。

【請求項50】 前記二次制御センサおよび前記一次制御センサは、別個のセンサであるが、互いに実質的に同一である、請求項31に記載のシステム。

【請求項51】 リソグラフィシステムにおいて用いられる、露光パターンに従ってイメージを基板に露光する露光領域を含むフォーカスシステムであって、適切なフォーカス距離を、該露光領域の下に位置付けられる前に基板が該露光パターンを計算する状態で移動するにつれて、第1のタイプのセンサを用いて判定する較正センサであって、該適切なフォーカス距離は、それぞれ、該基板の上部表面上の領域に対応する、較正センサと、一組の測定値を、該基板が該露光領域の下に位置付けら

れる前に、該基板が該露光パターンを計算する状態で移動するにつれて、第2のタイプのセンサを用いて生成する二次制御センサであって、該特定領域が該第1のタイプのセンサを用いて判定された適切なフォーカス距離にあるときに、該一組の測定値のうちの各測定値が、該基板の上部表面上の領域に対応する、二次制御センサと、該露光領域の下に位置する基板の表面上の該特定領域について、特定の測定値を生成する一次制御センサと、該特定の測定値および該一組の測定値のうちの対応する測定値に基づいて、フォーカス距離を調節する調節器と、を備え、該較正センサが、該二次制御センサおよび該一次制御センサのそれぞれよりも高いフォーカス精度を有する、システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は概して、リソグラフィシステムに関する。より詳細には、本発明は、リソグラフィシステムにおいて焦点合わせを行う際に用いられるセンサに関する。

【0002】

【従来の技術】リソグラフィーは、基板上の表面上にフィーチャを生成する際に用いられるプロセスである。このような基板を挙げると、フラットパネルディスプレイ、回路ボード、様々な集積回路などを製造する際に用いられる基板を挙げることができる。このような用途において頻繁に用いられる基板は、半導体ウェハである。本開示では例示目的のため半導体ウェハを用いて説明を記載するが、当業者であれば、本明細書中の記載内容は当業者に公知の他の種類の基板にも適用可能であることを認識する。

【0003】

リソグラフィーの間、レチクルを用いて、所望のパターンを基板（例えば、ウェハ）上に転写する。レチクルは、リソグラフィーにおいて用いられる波長に対して透過性の材料（単数または複数）例えば、可視光の場合はガラス）で形成され得る。加えて、レチクルは、当該レチクルが用いられる特定のシステムに合わせて選択されたリソグラフィー波長を反射する材料（単数または複数）からも形成され得る。照射ソース（例えば、リソグラフィー装置内に配置された露光光学機器）は、レチクルステージ上に配置されているレチクルを照射する。この照射により、基板ステージ上に配置された基板上に画像を露光させる。基板上に露光される画像は、レチクル上に印刷される画像に対応する。フォトリソグラフィーの場合において露光光学機器が用いられている間、特定の用途に応じて、様々な種類の露光装置を用いることができる。例えば、当業者に公知のように、x線リソグラフィー、イオンリソグラフィー、電子リソグラフィー、または光子リソグラフィーにはそれぞれ、異なる露光装置が必要となり得る。ここで、例示目的のみのために、フォトリソグラフィーの具体例につい

て説明する。

【0004】投影された画像は、基板の表面上に堆積された層（例えば、フォトレジスト）の特性を変化させる。これらの変化は、露光が行われている間に基板上に投影されるフィーチャに対応する。露光の後、層にエッチングを行って、パターンニングされた層を生成することができる。パターンは、露光が行われている間に基板上に投影されたフィーチャに対応する。次いで、このパターンニングされた層を用いて、基板内の下側にある構造層の露出部分（例えば、導電性層、半導電性層または絶縁性層）を除去するかまたはさらに処理する。その後、基板の表面上または基板の様々な層中に所望のフィーチャが形成されるまで、このプロセスを他の工程と共に繰り返す。

【0005】ステップアンドスキャン技術は、幅狭の結像スロットが設けられた投影光学機器システムと協働して機能する。基板全体を一度に露光させるのではなく、個々のフィールドが基板上に一度にスキャンされる。これは、基板およびレチクルを（異なる速度ではあるが）同時に移動させることによって行われ、これにより、スキャンが行われている間、フィールドにわたって結像スロットが移動される。次いで、フィールド露光工程の合間に基板ステージが非同期に間隔を空けて移動されることが必要となり、これにより、レチクルパターンの複数のコピーを基板表面上に露光させることが可能となる。このようにして、ウェハ上に投影される画像の品質が最大化される。ステップアンドスキャン技術を用いると、画像品質が全般的に向上する点において有用である場合が多い一方、このようなシステムでは、不完全性（例えば、投影光学機器システム、照射システム、および使用される特定のレチクルにある不完全性）が原因となって画像劣化が発生する場合が多い。

【0006】リソグラフィーにおける重要な局面は、基板表面上に生成されるフィーチャのサイズの均一性を維持することである。フィーチャサイズの変動に対して現在出されている要求（臨界寸法としても知られる）は、フィーチャサイズの変動が公称値のおよそ±5%未満であることを要求するものである。これが示すことは、例えば、臨界寸法の分離ラインが100nmである場合、変動は±5nm以下でなければならない、臨界寸法の分離ラインが70nmである場合、変動は±3.5nm以下でなければならない、臨界寸法の分離ラインが30nmである場合、変動は±1.5nm以下でなければならない。フォーカスシステムは、これらの性能レベルを達成するために重要なものである。

【0007】現在、いくつかの当該分野のフォーカスシステムでは、キャパシタンスゲージセンサが用いられている。フォーカスセンサのキャパシタンスゲージによる計測法は、プレートコンデンサに平行な面において、プレートの分離が変化したときのプレート容量の変化に基

づく。平行平面プレートコンデンサの容量は、当該プレートが（導電性基板上の均一な誘電層が充填された）当該プレートの径から少し分離している場合、プレートの分離レベルに反比例する。このような当該分野におけるフォーカスシステムスキャンの現状は、現在のリソグラフィ分野における必要性を満たしている。しかし、次世代のリソグラフィーを用いるためには、確率的誤差および系統的誤差の双方を低減させることが必要となる。現在、確率的誤差は、サーボ帯域において2nm-mis（2乗平均）のオーダーである。現在、シフト平均は、ウェハ処理を考慮しない場合、25nmのオーダーである。現在、系統的誤差スキャンは100nmを上回っている。現在、ウェハプロセスの誤差スキャンは、無視できる値から100nmを超える値にまで及ぶ。

【0008】現在これらの誤差に対して得られている知識によれば、確率的誤差の原因はキャパシタンスゲージ電子機器にあると考えられている。シフト平均は、レジストの下側にある層の厚みまたは特性の系統的変化に起因する。ウェハプロセスにおける誤差は、ウェバ（waver）回路層およびパターンに起因する。所与の集積回路について、ウェハプロセスの誤差は、系統的オフセットであり、公称値は各フィールドと同じである。キャパシタンスフォーカスセンサによる読み取り値は、導線にオーバーレイされた誘電層と、パターンの特殊分布との間の関数である。例えば、キャパシタンスセンサは、ウェハ標的が大エリア誘電膜から同じ表面上にあり厚みも同じである導電性膜へ変化した場合の距離変化を示す。加えて、キャパシタンスゲージを用いると、導線フィルファクターが同じ平均値である場合の導線フィーチャサイズの関数の読み取り値が得られる。

【0009】従って、フォーカスシステムを改良して、次世代のリソグラフィー用途における要求をみたすようなフォーカスシステムを提供する必要がある。より詳細には、基板の表面上に生成されたフィーチャのサイズを均一に維持するために用いることが可能な、改良されたフォーカスシステムが必要とされている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、基板の表面上に生成されたフィーチャのサイズを均一に維持するために用いることが可能な、改良されたフォーカスシステムを提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、基板の上部表面にイメージを露光する露光領域を含むリソグラフィシステムのフォーカス精度を向上させる方法であって、
（a）基板の上部表面上の特定の領域について、適切なフォーカス精度を判定する工程であって、上記適切なフォーカス精度は、上記特定領域が上記露光領域の下に位置していないときに、較正センサを用いて判定される、工程と、
（b）上記適切なフォーカス距離で、上記特定

領域について、第1の測定値を生成する工程であって、上記第1の測定値は、上記特定領域が上記露光領域の下に位置していないときに、二次制御センサを用いて生成される、工程と、(c)上記特定領域について、上記第2の測定値を生成する工程であって、上記第2の測定値は、上記特定領域が上記露光領域の下に位置している間に、一次制御センサを用いて生成される、工程と、

(d)上記特定領域が上記露光領域の下に位置している間に、上記第1および第2の測定値に基づいて、実際のフォーカス距離を調節する工程と、を包含し、上記校正センサが、二次制御センサおよび一次制御センサよりも高いフォーカス精度を有する。

【0012】(e)露光領域を用いて、イメージの少なくとも一部分を特定領域に露光する工程をさらに包含する。

【0013】第1の測定値は、上記二次制御センサが上記特定領域から適切なフォーカス位置にある場合に、上記二次センサが生成する出力に相当し、上記第2の測定値は、上記特定領域が上記露光領域の下に位置する場合に、一次制御センサの出力に相当する。

【0014】上記工程(d)は、上記一次センサが、上記特定領域が上記露光領域の下に位置している間に、上記第1の測定値を生成するまで、上記特定領域の位置を調節することによって、上記実際のフォーカス距離を調節する工程を含む。

【0015】上記工程(d)が、(i)上記第2の測定値と上記第1の測定値との間の差を判定する工程と、

(ii)上記差に基づいて、上記特定領域の位置を調節する工程と。

【0016】上記第1の測定値が、上記特定領域を上記露光領域の下に位置付ける前の、上記二次制御センサと上記特定領域との間の距離D1に関連し、上記第2の測定値が、上記特定領域が上記露光領域の下に位置している間の、上記一次制御センサと上記特定領域との間の距離D2に関連する。

【0017】上記工程(d)が、距離D2を距離D1に等しくなるように調節して、上記特定領域を、上記露光領域から適切なフォーカス距離に位置付けることによって、上記フォーカス距離を調節する工程を包含する。

【0018】上記校正センサは、少なくとも1つの空気ゲージを備える、請求項1に記載の方法。

【0019】上記一次制御センサは、少なくとも1つのキャパシタンスゲージを備え、上記一次制御センサは、上記二次制御センサと実質的に同一である。

【0020】上記校正センサは、少なくとも1つの光学ゲージを備える。

【0021】上記校正センサは、少なくとも1つの近接プローブを備える。

【0022】上記露光領域は、レンズを備える。

【0023】上記露光領域は、電子ビームを投影する。

【0024】上記露光領域は、影を投影する。

【0025】上記工程(a)、(b)、(c)および(d)のそれぞれに記載の上記特定領域は、同じ基板上に位置する。

【0026】上記工程(c)および(d)に記載の上記特定領域は、上記工程(a)および(b)に記載の上記特定領域とは、異なる基板上に位置する。

【0027】上記異なる基板は、上記工程(a)および(b)に記載の特定領域とは、異なるウェハ上に位置する。

【0028】上記工程(c)および(d)に記載の特定領域は、ウェハの第1のフィールドに位置し、上記工程(a)および(b)に記載の特定領域は、上記ウェハの第2のフィールドに位置する。

【0029】上記工程(a)および(b)が、上記露光領域から遠隔の位置で行われる。

【0030】上記二次制御センサおよび上記一次制御センサは、別個のセンサであるが、互いに実質的に同一である。

【0031】本発明は、露光パターンに従って、基板の上部表面にイメージを露光する露光領域を含むリソグラフィシステムのフォーカス精度を向上させる方法であって、(a)上記露光パターンを計算する状態で基板を移動させる工程と、(b)適切なフォーカス距離を、上記基板が上記露光パターンを計算する状態で移動するにつれて、第1のタイプのセンサを用いて判定する工程であって、上記適切なフォーカス距離は、それぞれ、上記露光領域の下に位置付けられる前の上記基板の上部表面上の領域に対応する、工程と、(c)一組の測定値を、上記基板が上記露光パターンを計算する状態で移動するにつれて、第2のタイプのセンサを用いて生成する工程であって、上記特定領域が上記第1のタイプのセンサを用いて判定された適切なフォーカス距離にあるときに、上記一組の測定値のうちの各測定値が、上記基板の上部表面上の領域に対応する、工程と、(d)上記露光パターンに従って、上記上記基板の上部表面上の特定領域が上記露光領域の下に位置するように上記基板を移動させる工程と、(e)上記露光領域の下の上記特定領域について、特定の測定値を生成する工程であって、上記特定の測定値は、第2のタイプのセンサを用いて生成される、工程と、(f)上記特定の測定値および上記一組の測定値のうちの対応する測定値に基づいて、フォーカス距離を調節する工程と、を包含し、上記第1のタイプのセンサが、上記第2のタイプのセンサよりも高いフォーカス精度を有する。

【0032】(g)上記イメージの少なくとも一部分を、露光領域を用いて、上記特定の領域に露光する工程をさらに包含する。

【0033】(h)上記露光パターンに従って、上記上部表面上の他の特定領域が上記露光領域の下に位置する

ように上記基板を移動させる工程と、(i)上記工程(e)、(f)、(g)、および(h)を複数回繰り返す工程と、をさらに包含する。

【0034】上記工程(f)が、上記特定領域が上記露光領域の下にある間に、上記第2のタイプのセンサが上記一組の測定値のうちの対応する測定値を生成するまで上記特定領域の位置を調節することによって、上記フォーカス距離を調節する工程を包含する。

【0035】上記工程(f)が、(i)上記特定領域に関する上記特定の測定値と、上記一組の測定値のうちの対応する測定値との間の差を判定する工程と、(ii)上記差に基づいて、上記特定領域の位置を調節する工程と、を包含する。

【0036】上記第1のタイプのセンサが、少なくとも空気ゲージを備える。

【0037】上記第2のタイプのセンサが、少なくとも1つのキャパシタンスゲージを備える。

【0038】上記工程(a)、(b)、および(c)が、上記露光領域から遠隔の位置で行われる。

【0039】上記一組の測定値を判定するために用いられる上記第2のタイプのセンサは、上記特定測定値を判定するために用いられる第2のタイプのセンサと、別個であるが、実質的に同一である。

【0040】上記露光領域がレンズを備える。

【0041】リソグラフィシステムにおいて用いられる、露光パターンに従ってイメージを基板に露光する露光領域を含むフォーカスシステムであって、基板の上部表面上の特定領域について、特定領域を露光領域の下に位置付ける前に適切なフォーカス距離を判定する較正センサと、上記適切なフォーカス距離の特定領域について、第1の測定値を生成する二次制御センサであって、上記特定領域が上記露光領域の下に位置付けられる前に、一次制御センサが第1の測定値を生成する、二次制御センサと、上記特定領域について、上記特定領域が上記露光領域の下に位置している間に、第2の測定値を生成する、一次制御センサと、上記特定領域が上記露光領域の下に位置している間に、上記第1および第2の測定値に基づいて、実際のフォーカス距離を調節するフォーカス調節器と、を備え、上記較正センサが、上記二次制御センサおよび上記一次制御センサのそれぞれよりも高いフォーカス精度を有する。

【0042】上記第1の測定値は、上記二次制御センサが上記特定領域から上記適切なフォーカス距離にある場合に上記二次制御センサが生成する出力に相当し、上記第2の測定値は、上記特定領域が上記露光領域の下に位置している間の上記一次制御センサの出力に相当する。

【0043】上記フォーカス調節器は、上記一次制御センサが、上記特定領域が上記露光領域の下に位置している間の第1の測定値を生成するまで、上記特定領域の位置を調節する。

【0044】上記調節器が、上記第2の測定値と上記第1の測定値との間の差に基づいて、上記特定領域の位置を調節する。

【0045】上記第1の測定値が、上記特定領域を上記露光領域の下に位置付ける前の、上記二次制御センサと上記特定領域との間の距離D1に関連し、上記第2の測定値が、上記特定領域が上記露光領域の下に位置している間の、上記一次制御センサと上記特定領域との間の距離D2に関連する。

【0046】上記調節器が、距離D2を距離D1に等しくなるように調節して、上記特定領域を、上記露光領域から適切なフォーカス距離に位置付ける。

【0047】上記較正センサは、少なくとも1つの空気ゲージを備える。

【0048】上記二次制御センサは、少なくとも1つのキャパシタンスゲージを備え、上記一次制御センサは、上記二次制御センサと実質的に同一である。

【0049】上記較正センサおよび上記二次制御センサは、上記露光領域から遠隔に位置し、上記一次制御センサは、上記露光領域の近傍に位置する。

【0050】上記較正センサは、少なくとも1つの光学ゲージを備える。

【0051】上記露光領域は、少なくとも1つの近接プローブを備える。

【0052】上記露光領域は、レンズを備える。

【0053】上記露光領域は、電子ビームを投影する。

【0054】上記露光領域は、影を投影する。

【0055】上記較正センサ、上記二次制御センサ、上記一次制御センサ、および上記フォーカス調節器に関して記載された上記特定領域は、同じ基板上に位置する。

【0056】上記較正センサおよび上記二次制御センサに関連して記載された上記特定領域は、上記一次制御センサおよび上記フォーカス調節器に関連して記載された特定領域とは、異なる基板上に位置する。

【0057】上記異なる基板は、上記較正センサおよび上記フォーカス調節器に関して記載された特定領域とは、異なるウェハ上に位置する。

【0058】上記一次制御センサおよび上記フォーカス調節器に関連して記載された特定領域は、ウェハの第1のフィールドに位置し、上記較正センサおよび上記二次制御センサに関連して記載された特定領域は、上記ウェハの第2のフィールドに位置する。

【0059】上記較正センサおよび上記二次制御センサが、上記露光領域から遠隔の位置にある。

【0060】上記二次制御センサおよび上記一次制御センサは、別個のセンサであるが、互いに実質的に同一である。

【0061】本発明は、リソグラフィシステムにおいて用いられる、露光パターンに従ってイメージを基板に露光する露光領域を含むフォーカスシステムであって、適

切なフォーカス距離を、上記露光領域の下に位置付けられる前に基板が上記露光パターンを計算する状態で移動するにつれて、第1のタイプのセンサを用いて判定する較正センサであって、上記適切なフォーカス距離は、それぞれ、上記基板の上部表面上の領域に対応する、較正センサと、一組の測定値を、上記基板が上記露光領域の下に位置付けられる前に、上記基板が上記露光パターンを計算する状態で移動するにつれて、第2のタイプのセンサを用いて生成する二次制御センサであって、上記特定領域が上記第1のタイプのセンサを用いて判定された適切なフォーカス距離にあるときに、上記一組の測定値のうちの各測定値が、上記基板の上部表面上の領域に対応する、二次制御センサと、上記露光領域の下に位置する基板の表面上の上記特定領域について、特定の測定値を生成する一次制御センサと、上記特定の測定値および上記一組の測定値のうちの対応する測定値に基づいて、フォーカス距離を調節する調節器と、を備え、上記較正センサが、上記二次制御センサおよび上記一次制御センサのそれぞれよりも高いフォーカス精度を有する。

【0062】本発明は、画像を基板表面上に露光させるためのレンズを含むリソグラフィシステムのフォーカス精度を向上させるための方法およびシステムに関する。

【0063】本発明の一実施形態によれば、上記レンズの下側にある上記基板表面上に特定の領域を位置付けする前に、上記特定の領域について適切なフォーカス距離を較正センサを用いて決定する。上記較正センサは、非常に高いフォーカス精度を有し、上記画像露光部から離れて配置されるかまたは上記画像露光部に対して軸がずれた状態で配置される較正サブシステムの一部である。次いで、上記適切なフォーカス距離における特定の領域に関連する第1の測定値が生成される。上記第1の測定値は、上記較正センサよりもフォーカス精度が低い2次制御センサを用いて生成される。

【0064】上記画像を上記基板上に露光させる場合、1次センサシステム（制御サブシステムとも呼ばれる）の一部である上記レンズの下側に上記特定の領域を位置付けする間、上記特定の領域に関連する第2の測定値が1次制御センサを用いて生成される。上記1次制御センサはまた、上記較正センサよりも低いフォーカス精度を有する。好適には、上記1次制御センサは、上記2次制御センサと実質的に同じである。次いで、上記第1の測定値および上記第2の測定値に基づいて実際のフォーカス距離を調節する。上記フォーカス距離が正確に調節されると、上記特定の領域上に画像の一部が露光される。

【0065】

【発明の実施の形態】以下、本発明のさらなる機能および利点ならびに本発明の様々な実施形態の構造および動作について、添付の図面を参照しながら詳細に説明す

る。

【0066】本発明の機能、目標、および利点は、以下に説明する詳細な説明を図面と共に参照すればより明らかとなる。図面中、同様の参照符号は、対応する要素を示す。

【0067】典型的なリソグラフィーツールとして、シリコンウェハのフォトレジスト表面を投影システムの所望の画像平面（焦点面とも呼ばれる）内に維持するフォーカスシステムがある。このようなフォーカスシステムは典型的にはサーボシステムであり、以下のような分類が可能なコンポーネントから構成される：1）すなわち、基板表面の位置を感知する要素；および2）作動を行う要素。本発明は、基板表面の位置を感知するフォーカスシステム要素に関連する。

【0068】フォーカスシステムの重要な性能要件は、以下に関連する：すなわち、フォーカスの精度および正確性；スキャン時間の帯域および開始；ダイナミックレンジおよびワーキングレンジ；熱拡散；線形レンジ；ならびにレジスト効果に対する無感度。以下、これらの性能要件それぞれについて説明する。以下の説明において、基板はウェハであると仮定する。

【0069】本発明を用いれば、次世代リソグラフィの用途に必要な性能要件を達成することが可能である。しかし、本発明は、以下の性能要件がそれぞれ満たされることを要求するものではない。すなわち、本発明の範囲は、性能要件に関する以下の議論によって限定されるべきではなく、本明細書中の特許請求の範囲およびその均等物によって規定されるべきである。

【0070】（1. 性能要件の説明）

（A. フォーカスの精度および正確性）フォーカスシステムには、基板が空気、ガスまたは真空のどこにある場合にも、基板の上部フォトレジストを精度良くかつ正確に発見することが必要とされる。フォーカス精度とは、フォーカスシステムが画像フォーカス平面に対するウェハ平面焦点を決定する能力を指す。正確性とは、所与のフォーカス測定を繰り返す能力（すなわち、測定反復性）を指す。

【0071】フォーカスシステムの精度および正確性は、リソグラフィ装置の均一性に関する臨界寸法要件と一貫したものでなければならない。フォーカス変動は様々な誤差から発生し得、そのような誤差を分類すると、シフト平均誤差ソース、系統的誤差ソースおよび確率的誤差ソースに分類することができる。最良の焦点からの距離が大きくなるほど、臨界寸法の変動も大きくなる。投影光学機器の臨界寸法の均一性は、所与のフィチャの種類に関する投影光学機器特性およびレジスト特性の関数である。投影光学機器が収差無しで設計された場合、その投影光学機器は、最良の焦点においてゼロに近くなる。臨界寸法対フォーカスレンジをプロットし、シフト平均、系統的誤差および確率的誤差に貢献するフ

ァクターを調査することにより、臨界寸法とフォーカス誤差との間の関係を確認することができる。フォーカス誤差へ貢献する要素としては、以下のものがある：すなわち、レチクルステージ、自動較正誤差、投影光学機器の誤差、フォーカス制御の誤差、ウェハ厚さの誤差、ならびに測定設定およびツール設定。レチクルステージは、レチクル平面の平面度誤差、レチクルとレチクル平面との間への汚染混入、レチクルステージの位置の測定誤差、ならびに熱によって誘引されるレチクル位置のドリフトがあるため、フォーカス誤差の原因となり得る。自動較正誤差としては、ツールドリフトおよび自動較正ドリフトがある。投影光学機器誤差は、非点収差および像面湾曲に関連する。フォーカス制御誤差は、フォーカス誤差のおよそ30%を占め、ウェハチャッキングと、背面平面度と、フォーカス正確性と、フォーカスオフセットとフォーカス安定度とに関連する。

【0072】(B. 帯域) 帯域は、2つの部分から構成される。そのうち1つの部分は、スキャン中に発生するトポグラフィの変化に反応する能力である。必要な帯域は、照射スロットの寸法のスキャン方向のスキャン速度に比例する。これを数字で表すと、必要な帯域は典型的には50Hzになる。もう一方の1つの部分は、スキャンをウェハエッジ部へに行う場合（これは、典型的なウェハスキャンの間に複数回発生する状況である）に（スキャン時間の開始）を確定する能力である。この移行の間、フォーカスシステムは通常、ウェハ上に配置される直前にフォーカス位置に先導され、これにより、フォーカセンサ（単数または複数）がウェハ表面上を通過した後に必要なフォーカス調節量を低減する。フォーカスシステムをいかに早く実際のフォーカス環境になじませるかによって、エッジフィールドスキャンが「焦点ずれ」になる程度が決定する。実際のフィールド距離を1ミリメートル未満に保持することが望まれる場合、帯域をスキャン速度に応じて200Hzを上回る値にしなければならない。

【0073】(C. ダイナミックレンジおよびワーキングレンジ) フォーカスシステムのダイナミックレンジは、ウェハ表面厚さの変動と、レンズからウェハにかけての位置（ $\pm 100\text{ gm}$ のフォーカスレンジ）における単位間偏差とによって影響を受ける。一方、フォーカスシステムのワーキングレンジは、 $\pm 200\text{ Hz}$ である。

【0074】(D. 線形レンジ) フォーカスシステムの線形性は、直線から $\pm 5\text{ nm}$ よりも大きな偏差を持たないか、または、このレベルで修正可能であるべきである。

【0075】(E. 熱拡散) フォーカスシステムによる、投影光学機器近隣の熱拡散（電力放散としても知られる）は、0.1ワット未満に保持されるべきである。

【0076】(F. ウェハ処理およびレジスト効果に対する無感度) フォーカスシステムの感度は、ウェハ処理

（例えば、パターニング、膜層およびレジスト層）の現状に対して最小であるべきである。

【0077】(2. 例示的なフォーカスシステム) 図1は、例示的なフォーカスシステム100（1次フォーカスシステム100とも呼ばれる）の機能ブロック図である。このフォーカスシステム100は、アラインメント動作および露光動作の間、閉ループサーボを用いて、ウェハ110のウェハ表面112を投影光学機器102の実際の焦点面に保持しようとする。ウェハ110は、ウェハステージ116上のウェハチャック114によって支持される。この例示的なシステムにおいて、制御センサ104および106は、投影光学機器110の露光エリア108（例えば、露光スロット、露光対象表面に最も近接する露光レンズ、または露光対象表面に最も近接する他の任意の種類の露光エリア）のいずれかの側部においてそして露光エリア108に近接して配置される。制御センサ104および106（以下、まとめて1次制御センサと呼ぶ）は、例えば、ウェハ110のウェハ表面112の位置（例えば、ウェハ110のウェハ表面112への距離）を測定するキャパシタンスゲージであり得る。このような実施形態において、例えば、制御センサ104および106を用いて得られた測定値を平均化することにより、焦点面（フォーカス距離とも呼ばれる）を推定することができる。2つの制御センサ（例えば、センサ104および106）を用いると、2次元表面の閉ループが支持される。制御センサを4つ用いて、そのうち2つを露光エリア108の両側に配置すると、3次元表面の閉ループを支持することができる。しかし、制御センサを1つだけ用いる場合にも本発明を用いることが可能である点に留意されたい。完全を期するため、ウェハチャック114およびウェハステージ116も図示する。これらのウェハチャック114およびウェハステージ116はどちらも、ウェハ110を操作する際に用いられる。ウェハチャック114およびウェハステージ116は、1次フォーカスシステム100と連係しながら基板を操作するフォーカス調節器の例示的な部分である。

【0078】非光学システムにおいて、同様のフォーカスシステムを用いることができる。例えば、光ビーム上に投影する代わりに、露光エリア108によって電子ビームを（例えば、X線リソグラフィシステムにおいて）投影することができる。あるいは、露光エリア108によって密着印画を用いて（例えば、リソグラフィシステムにおいて）影を投影することができる。

【0079】上記の記載から、ウェハの非平面度が原因となって推定された焦点面と、実際の焦点面との間に差異が発生する場合があることが明らかである。本発明の目的は、このようなウェハトポグラフィの誤差を最低限にすることである。より詳細には、本発明の目的は、露光エリア108から距離を置いて配置された1つ以上

のセンサから得られたウェハ表面の測定値を修正して、センサが露光エリア108に配置された場合に当該センサが生成するであろう測定値とその修正値とを正確に整合させることである制御センサは露光エリアと密接して配置される。そのため、図1に示すアーキテクチャの場合、センサ104および106を次世代リソグラフィシステムの要件を満たすようなものにするためにはセンサ104および106をほとんど理想的なものしなければならないため、著しい不利点が出てくる。より詳細には、次世代リソグラフィシステムの要件を満たすためには、センサ104および106には以下のものが要求される：すなわち、十分なフォーカス精度およびフォーカス正確性；十分に高い帯域；受容可能な確定特性；受容可能なダイナミックレンジ特性およびワーキングレンジ特性；受容可能な熱拡散；受容可能な線形レンジ；ならびにレジスト効果に対する十分な無感度。そのため、次世代のリソグラフィシステムに関する一連の制約は、達成するのが極めて困難なものとなっている。

【0080】本発明は、センサ104および106に関する上記要件のいくつかを軽減する。この軽減は、露光レンズ108（すなわち、投影光学機器102のレンズでウェハ110の表面112に最も近接するレンズ）の代わりに1次フォーカスシステムを複製することによって達成される。複製された1次フォーカスシステムは、1つ以上のさらなるセンサとして、露光エリアにおけるフォーカス誤差を決定する際に用いることが可能である。以下、この点についてより詳細に説明する。

【0081】1次制御センサ（例えば、センサ104および106）によって行われる機能は、リソグラフィシステム内に配置された露光光学機器（すなわち、レンズ108）のアクティブなオンラインの焦点合わせ制御に関連する。従って、1次制御センサは、リソグラフィシステムのレンズ108に近接して配置される。そのため、この1次制御センサに要求される要件は、スペースに関する制約が厳しいものとなる。リソグラフィシステムのレンズ近隣の物理的スペースの制約を解決することは、常に課題となる。リソグラフィシステムは、フォーカスセンサに加えて、（例えば、レジストからガスとして放出される汚染物を除去するための）さらなるハードウェアを必要とし得る。このようなガスとして放出される生成物は典型的には、レンズ環境への汚染物混入を避けるために除去される。そのため、この極めて高感度のリソグラフィシステムのエリア（すなわち、レンズ108の近隣に）バックアップする必要のあるサブシステムの数を限定することが重要である。

【0082】どんなフォーカスセンサも、コーティングのトポロジー、基板材料のトポロジー、パターンのトポロジーおよびウェハのトポロジーに対して感度を持つ可能性を有する。これは、キャパシタンスゲージセンサの場合特に当てはまる。例えば、キャパシタンスゲージセ

ンサは、基板材料に対するその感度のため、誤差による影響を受け易い。より詳細には、下側にある基板の導電性および誘電率によって、キャパシタンスゲージセンサが表面位置を認知するレベルに影響が出る。これをパターン感度と呼ぶ。

【0083】解決を要する別の障害として、ウェハトポロジーの空間周波数がある。より詳細には、1次制御センサ（例えば、センサ104および106）は、ウェハの地形をリアルタイムで追跡して、ウェハの位置を調節してフォーカス位置に保持するために必要なデータを提供する。そのため、フォーカスシステムの制御サブシステムは、ウェハ表面の制御をリアルタイムで行うために十分な広帯域を有していなければならない。すなわち、1次制御センサは、ウェハステージサーボループ（すなわち、リアルタイムの制御センサ）においてフィードバック制御デバイスとして用いられるため、高帯域を必要とする。

【0084】従って、本発明に従って制御機能と較正機能とを分離させれば、処理レベルに対して完全に無感度であることという1次制御センサの要件が軽減される。さらに、制御機能と較正機能とを分離させれば、本発明の較正サブシステム（これについては後述する）のスペースに対する厳しい制約が軽減される。

【0085】（4. 較正サブシステム）図2は、本発明の例示的なフォーカスセンサ較正サブシステム200（簡略化して較正サブシステム200とも呼ばれる）の機能ブロック図である。較正サブシステム200は、較正センサ208を含み、レンズ108から離れて配置されるかまたはレンズ108に対して軸がずれた状態で配置される。言い換えれば、較正サブシステム200は、レンズ108から離れて配置されるため、1次フォーカスシステム100からも離れて配置される。一実施形態において、較正サブシステム200は、リソグラフィシステムと別個の独立型システムであり得る。あるいは、較正サブシステム200は、リソグラフィシステムのプレアラインメントシステムであってもよい。別の実施形態において、較正サブシステム200を、レンズ108と同じレンズ108と同じチャンバ内にレンズ108から離れた状態で配置され得る。

【0086】較正サブシステム200によって行われる機能は、基板の（例えば、ウェハの）上部表面の位置（例えば、上部表面への距離）の絶対測定値に関連する。これらの機能は露光画像から離れた位置で行われるため、フォーカスセンサ較正サブシステムの要件は、その基礎となるプロセスレベルの特性による影響を受けない。

【0087】従って、制御機能と較正機能とを別個にすると、スペースの厳しい制約、高帯域および動作環境に関連する較正サブシステム200の要件が実質的に軽減される。例えば、本発明の実施形態において、投影シス

テム（レンズ108を含む）に真空動作が必要な場合にも、較正サブシステム200を空気環境で動作させることが可能になる。

【0088】較正システム200は、レンズ108の代わりに較正センサ208を用いている点以外は、1次フォーカスシステム100と類似する。例えば、制御センサ204および206（2次制御センサと総称する）は、較正センサ208の両側でかつ較正センサ208に近接して配置される。

【0089】より詳細には、制御センサ204および206は、制御センサ104および106がレンズ108の周囲に構成されたのと同じ様式で、較正センサ208の周囲に構成されるべきである。さらに、制御センサ204および206は好適には、制御センサ104および106と同じ種類のセンサである。例えば、制御サブシステム100の制御センサ104および106がキャパシタンスゲージである場合、較正サブシステム200の制御センサ204および206もキャパシタンスゲージであるのが好ましい。

【0090】従って、一般的には、2次制御センサ（例えば、センサ204および206からなる2次制御センサ）は、1次制御センサ（例えば、センサ104および106からなる1次制御センサ）と実質的に同じものが好ましい。完全を期するため、ウェハチャック214およびウェハステージ216も図示する。これらのウェハチャック214およびウェハステージ216はどちらも、ウェハ110または他の類似のウェハを操作する際に用いられる。一実施形態において、ウェハチャック214はウェハチャック114と同じであり、ウェハステージ216はウェハステージ116と同じである。ウェハチャック214およびウェハステージ216は、較正サブシステム200と連係しながら基板を操作するフォーカス調節器の例示的な部分である。

【0091】較正センサ208は、1つ以上のセンサを含み得、優れたフォーカス精度およびフォーカス正確性を有しているべきである。より詳細には、本発明の1つの目的はフォーカスシステム（例えば、1次フォーカスシステム100）のフォーカス精度を向上させることであるため、較正センサ208は、1次制御センサ（例えば、センサ104および106）ならびに2次制御センサ（例えば、センサ204および206）よりも高いフォーカス精度を有するべきである。例えば、較正センサ208は、基板の（例えば、ウェハの）上部表面の位置（例えば、上部表面への距離）の絶対測定値を1次制御センサおよび2次制御センサよりも精度良く生成すべきであり、これにより、フォーカス距離の決定をより精度良く行う。

【0092】本発明の具体的な実施形態によれば、較正センサ208は、空気ゲージを1つ以上含む。本発明の別の実施形態において、較正センサ208は、光学ゲー

ジを1つ以上含む。本発明のさらに別の実施形態において、較正センサ208は、1つ以上の近接プローブ（例えば、近距光学プローブまたは近距原子間力プローブ）を含む。

【0093】較正センサ208ならびに1次制御センサおよび2次制御センサは全て、優れた反復性を有するべきである。較正センサ208はレンズ108（例えば、レンズ108）ののすぐ近隣では用いられないため、較正センサ208は、レンズ108のすぐ近隣で用いられる1次制御センサ（例えば、センサ104および106）と比較して、より緩やかなスペース制約要件、帯域要件および動作環境要件を有する。

【0094】（5. 本発明の動作）上記にて、図1および図2を説明する際、本発明を実施する際に有用なコンポーネントについて説明してきた。ここで、図3Aおよび図3Bを用いて、本発明の動作について説明する。適用可能な場合、図1および図2のコンポーネントを参照されたい。

【0095】図3Aおよび図3Bは、本発明の一実施形態による方法300のフローチャートを示す。この方法300は、基板（例えば、ウェハ110）の上部表面（例えば、表面112）上に画像を露光パターンに従って露光させるためのレンズ（例えば、レンズ108）を含むリソグラフィシステムのフォーカス精度を向上させるためのものである。露光パターンとは、基板（例えば、ウェハ110）の上部表面（例えば、表面112）の領域上に画像を露光させる順序を指す。

【0096】図3Aを参照して、本方法は工程302から開始する。工程302において、露光パターンに基づいて、基板（例えば、ウェハ110）の上部表面（例えば、表面112）上の特定の領域を較正サブシステム200と連係しながら位置付けする。例えば、この特定の領域を較正センサ208の真下に位置付けする。

【0097】次いで、工程304において、較正サブシステム200の較正センサ208を用いて、特定の領域について適切なフォーカス距離を決定する。フォーカス誤差が受容可能な閾値より小さくなるまでウェハ110を操作することによって、適切なフォーカス距離を決定することが可能である。あるいは、較正センサ208を線形動作レンジ内で動作させる場合、当業者に公知のように、ウェハ110を操作せずに適切なフォーカス距離を得ることができる。後者の実施形態において、2次制御センサ（例えば、センサ204および206）も、線形動作レンジ内で動作させるべきである。線形動作レンジは、較正を通じて線形化されるレンジを含む。

【0098】適切なフォーカス距離が決定された後、工程306において、2次制御センサ（例えば、制御センサ204および206）を用いて、適切なフォーカス距離における特定の領域に関連する測定値を生成する。次いで、適切なフォーカス距離における特定の領域に関連

するこの測定値を（例えば図4に示す例示的な表400中に）格納する。

【0099】図4を参照して、表400は、領域識別縦列402と、オプションの較正センサ値の縦列404と、1つ以上の制御センサの縦列406a~406nとを含む。領域識別縦列402a~402nの各横列はそれぞれ、基板の上部表面上の（例えば、X/Y座標で示された）領域を識別する。これらの領域上には、露光パターンに基づいてパターンが露光される。較正センサ値縦列404の各横列は、対応する領域が適切なフォーカス距離にあるときに較正センサ208が出力する値を含む。較正センサ208がセンサを1つ以上含む場合、1つ以上の値を、縦列404の各エントリに格納する（か、または、さらなる較正値センサ縦列を追加することが）できる。制御センサの縦列406の各横列は、対応する領域が適切なフォーカス距離にあるときに特定の制御センサが出力する値を含む。例えば、縦列406A中の値は、制御センサ204が出力する値に関連し、縦列406B中の値は、制御センサ206が出力する値に関連する。表400は好適には、2次制御センサの各制御センサ（例えば、204、206）に関連する制御センサ縦列を含む。表400の用法は、本発明をより詳細に説明するにつれてより明らかとなる。

【0100】本発明の一実施形態によれば、工程306において測定値を生成する前に、特定の領域をその適切なフォーカス距離に移動させる。較正センサ208を用いて、適切なフォーカス距離を決定する。次いで、特定の領域が適切なフォーカス距離に来たとき、工程306において生成された測定値は、2次制御センサ（例えば、制御センサ204および206）の実際の出力となる。

【0101】別の実施形態において、工程306において測定値を生成する前に、特定の領域を適切なフォーカス距離に移動させなくてもよい。その代わりに、この別の実施形態において、工程306において生成された測定値を、特定の領域が適切なフォーカス距離に来たときに2次制御センサが予想値として生成する出力に対応させる。この別の実施形態が可能となるのは、2次制御センサの出力が予想可能である場合（例えば、出力によって線形機能が生成される場合）である。例えば、特定の領域についてのフォーカス距離の決定を較正センサ208を用いて行うと仮定すると、その特定の領域は10nmだけ焦点がずれることが決定される。よって、2次制御センサの出力を調節することが可能となり、これにより、工程306において生成された測定値は、特定の領域が適切なフォーカス距離にあるときに2次制御センサ（例えば、センサ204および206）が生成する出力となる。

【0102】図3Aを参照すると、次の工程308において、基板の露光の計算が完了したか否かが判定され

る。完了したと判定されない場合（すなわち、工程308への返答がいいえである場合）、基板の上部表面の他の特定の領域が、較正サブシステム200への較正に関連しながら位置付けされる。その後、工程304および306は、現在の特定領域について行われ、他の測定値が二次制御センサ（例えば、センサ204および206）を用いて生成され、（例えば、表400に）格納される。工程304、306、308、および310は、基板の露光パターン全体が計算される（工程308への返答がはいになる）まで、繰り返される。露光パターンのこの計算の間、露光される領域のそれぞれに関する測定値が（工程306において）生成され、（例えば、表400に）格納される。工程302~310は、全て、一次フォーカスシステム100のレンズ108から遠隔の（例えば、軸からはずれた）位置で起こる。従って、工程302~310の間、一次フォーカスシステム200は、他の基板を露光させ得る。すなわち、較正サブシステム100に関連する工程が行われている間、一次フォーカスシステム100を利用しないでいる必要はない。

【0103】方法300の残りの工程（すなわち、工程312~322）は、基板110が、一次フォーカスシステム100に対して位置付けされる場合に起こる。

【0104】次に、図3Bを参照すると、次の工程312において、基板（例えば、ウェハ110）の上部表面（例えば、表面112）上の特定領域が、露光パターンに従って、レンズ108の下に位置付けられる。例えば、表400を参照すると、座標 X_1/Y_1 に関連する特定領域は、レンズ108の下に位置付けられる。

【0105】レンズの下に位置付けされる間、工程314において、一次制御センサ（例えば、センサ104および106）を用いて、特定領域に関連する測定値が生成される。

【0106】その後、工程316で、レンズ108と基板の表面上の特定領域との間の実際のフォーカス距離が、その特定領域に対応する、工程306および314で行われた測定値に基づいて調節される。例えば、工程312で、基板は、工程306において二次制御センサ（例えば、センサ204および206）を用いて生成された測定値と、工程314において、一次制御センサ（例えば、センサ104および106）を用いて生成された対応する測定値との間の差に基づいて、調節され得る。レンズ108の下の特領域が座標 X_1/Y_1 に関連しているとすると、工程306において生成された測定値（座標 X_1/Y_1 に対応する）と、工程308において生成された測定値（同じ座標 X_1/Y_1 に対応する）との差は、表400に格納されている適切な値（例えば、制御 $A_{1,1}$ および制御 $B_{1,1}$ ）、および、一次制御センサ（例えば、センサ104および106）によって現在出力されている値を用いて計算される。同様に、工程31

2で、基板は、一次制御センサ（例えば、センサ104および106）の出力が、表400に格納される対応する測定値と等しくなるまで、調節され得る。

【0107】一旦、特定領域が、適切なフォーカス距離になるまで調節されると、イメージの一部分は、工程318において、露光レンズ108を用いて、基板の上部表面で露光される。

【0108】次の工程320において、基板の表面全体へのイメージの露光が完了したか否かの判定が行われる。完了したと判定されない場合（すなわち、工程320への返答が「いいえ」である場合）、基板の上部表面上の他の特定領域が、一次フォーカスシステム100への較正に関連しながら位置付けされる。その後、工程314、316、318が現在の特定の領域について行われ、工程318において、イメージの他の部分が、基板の上部表面で露光される。工程314、316、318、320、および322は、露光パターン全体が完了する（工程320への返答が「はい」になる）まで、繰り返される。イメージの基板へのこの実際の露光の間、露光されるそれぞれの領域に関する測定値が生成され（工程314）、フォーカス距離が調節され（工程316）、イメージの一部が露光される（工程320）。

【0109】本発明による、上記の方法300およびシステムは、次世代リソグラフィシステムに伴う要件を満たすために用いられ得る。これは、上述したように、較正サブシステム200を用いて、一次フォーカスシステム100から一部の要件を取り除くことによって、達成され得る。

【0110】本発明による、上記の方法300およびシステムは、較正に（すなわち、工程302～310において）用いられる基板が、イメージが露光される（すなわち、工程312～320において）基板と同じ基板であるとして説明されてきた。従って、本発明のある実施形態において、工程302～310および工程312～320は、各基板（例えば、ウェハ）について行われる。しかし、本発明の別の実施形態において、工程302～310は、較正に、1枚の基板（または、数枚の基板）のみを用いて行われ、その後、1枚の基板（または、数枚の基板）に基づく較正の結果を用いて、（すなわち、工程312～320において）イメージが他の基板に露光される。このような他の基板は、同じウェハ上の異なるフィールドであってもよい。例えば、ウェハが、同じ特徴を含んでいる50のフィールドを含む場合、工程302～310は、これらのフィールドのうちの1つまたは2つを用いて行われる（複数のフィールドについて行われる場合、平均較正が決定される）。その後、フィールドのうちの1つまたは2つを用いて（すなわち、工程302～310において）行われた較正の結果を用いて、50フィールドのうちのそれぞれについてイメージが露光される。較正には露光より時間がかかる

ので、この別の実施形態は時間的な効率がより高い。しかし、この別の実施形態は、較正および露光を各基板について行う実施形態ほど、正確かつ厳密ではない可能性がある。

【0111】本実施形態は、主に、光リソグラフィシステムに関して説明されているが、他のタイプのシステムにも同様に適用可能である。例えば、上述したように、露光領域108は、X線リソグラフィシステムにおける場合と同様に、光ビームを投影する代わりに電子ビームを投影し得る。あるいは、露光領域108は、例えば、密着印画を利用するリソグラフィシステムにおいて、影を投影し得る。

【0112】（6. 制御システムインプリメンテーション）上述したように、本発明の機能は、図面を参照しながら説明される素子を用いて行われ得る。さらに、本発明の特有の機能は、コンピュータシステムによって制御され得ることに留意されたい。このようなコンピュータシステムは、例えば、通信バスに接続された1つ以上のプロセッサを含んでもよい。また、コンピュータシステムは、メモリ、好ましくは、ランダムアクセスメモリ（RAM）を含んでもよく、二次メモリを含んでもよい。表400は、メモリデバイスのうちの1つに格納され得る。

【0113】二次メモリは、例えば、ハードディスクドライブおよび/またはリムーバブル記憶ドライブを含んでもよい。このようなリムーバブル記憶ドライブとして、フロッピー（R）ディスクドライブ、磁気テープドライブ、光ディスクドライブなどがある。リムーバブル記憶ドライブは、周知の様態で、リムーバブル記憶ユニットから、読み出し、かつ/またはリムーバブル記憶ユニットに書き込む。リムーバブル記憶ユニットとして、リムーバブル記憶ドライブによって読み出しおよび書き込みが行われる、フロッピー（R）ディスク、磁気テープ、光ディスクなどがある。リムーバブル記憶ユニットは、コンピュータソフトウェアおよび/またはデータが格納されたコンピュータ使用可能記憶媒体を含む。二次メモリは、コンピュータプログラムまたは他の命令がコンピュータシステムにロードされることを可能にする、他の類似の手段を含んでもよい。このような手段は、例えば、リムーバブル記憶ユニットおよびインターフェースを含んでもよい。このようなリムーバブル記憶ユニットおよびインターフェースの例には、ソフトウェアおよびデータがリムーバブル記憶ユニットからコンピュータシステムに転送されることを可能にする、プログラムカートリッジおよびカートリッジインターフェース（テレビゲーム機器において見受けられるようなもの）、リムーバブルメモリチップ（例えば、EPROM、またはPROM）および関連付けられるソケット、ならびに他のリムーバブル記憶ユニットおよびインターフェースが含まれ得る。また、コンピュータシステムは、通信インタ

ーフェースを含んでもよい。通信インターフェースは、ソフトウェアおよびデータが、コンピュータと外部デバイスとの間で転送されることを可能にする。

【0114】他の実施形態において、本発明の機能は、主に、ハードウェアの使用、例えば、特定用途向け集積回路（ASIC）のようなハードウェアコンポーネントにおいてインプリメントされる。本明細書中に記載の機能を行うようなハードウェアステートマシンのインプリメンテーションは、当業者にとって明らかである。さらに他の実施形態において、本発明の機能は、ハードウェアとソフトウェアとの両方の組合せを用いて、インプリメントされ得る。

【0115】（7. 結論）本発明の様々な実施形態が上述されてきたが、例示のために説明されたものであって、限定するものではないことが理解されるべきである。当業者にとって、本発明の精神および範囲から逸脱することなく、形式および細部に様々な変形が為され得ることは、明らかである。

【0116】本発明は、特有の機能の動作およびその間の関係を例示する、機能的構成要素によって上述されてきた。これらの機能的構成要素間の境界は、説明を簡略にするために、本明細書中において、任意に規定されるものである。特有の機能およびその間の関係が適切に行われる限り、別の境界が規定され得る。このような任意の別の境界は、本願の発明の範囲および精神の範囲内である。当業者であれば、ある特有の機能的構成要素が、別個のコンポーネント、特定用途向けコンポーネント、適切なソフトウェアなどを実行するプロセッサなど、またはこれらの任意の組合せによって、インプリメントされ得ることを理解する。従って、本発明の広さおよび範囲は、上記の例示的実施形態のいずれによっても限定されるものではなく、添付の特許の請求の範囲およびその均等物によってのみ規定されるものである。

【0117】較正サブシステムおよび制御サブシステムを含むフォーカスシステム。制御サブシステムは、制御センサを含み、イメージの露光位置の近傍に位置する。

較正サブシステムは、較正センサおよび制御センサを含み、イメージの露光位置から遠隔に、またはイメージの露光位置の光軸からはずれて位置する。較正機能と制御機能とを切り離すことによって、機能的な必要条件が、二種類（または二種類より多い）のセンサに分割され得る。

【0118】

【発明の効果】本発明により、基板の表面上に生成されたフィーチャのサイズを均一に維持するために用いることが可能な、改良されたフォーカスシステムを提供することが達成される。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、例示的なフォーカスシステムの機能ブロック図である。

【図2】図2は、本発明の一実施形態による例示的なフォーカスセンサ較正サブシステムの機能ブロック図である。

【図3A】図3Aは、本発明の一実施形態による、リソグラフィシステムのフォーカス精度を向上させる方法のフローチャートを示す。

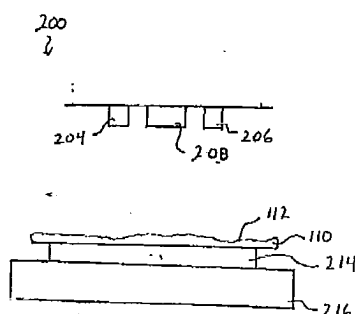
【図3B】図3Bは、本発明の一実施形態による、リソグラフィシステムのフォーカス精度を向上させる方法のフローチャートを示す。

【図4】図4は、本発明の一実施形態による、フォーカス距離を調節する際に用いられる測定値を格納する例示的な表を示す。

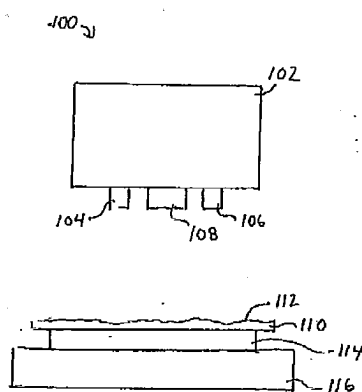
【符号の説明】

- 110 ウェハ
- 112 ウェハ表面
- 200 フォーカスセンサ較正サブシステム
- 204 制御センサ
- 206 制御センサ
- 208 較正センサ
- 214 ウェハチャック
- 216 ウェハステージ

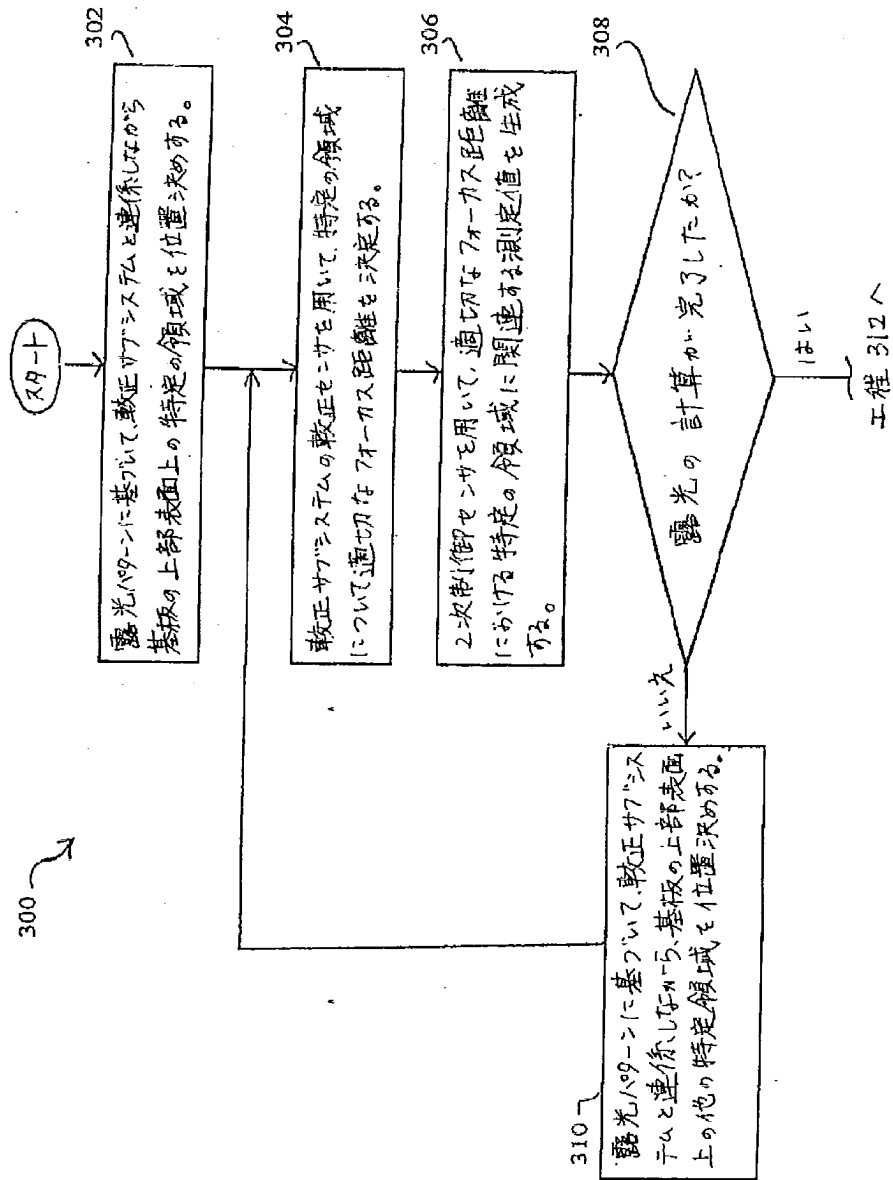
【図2】



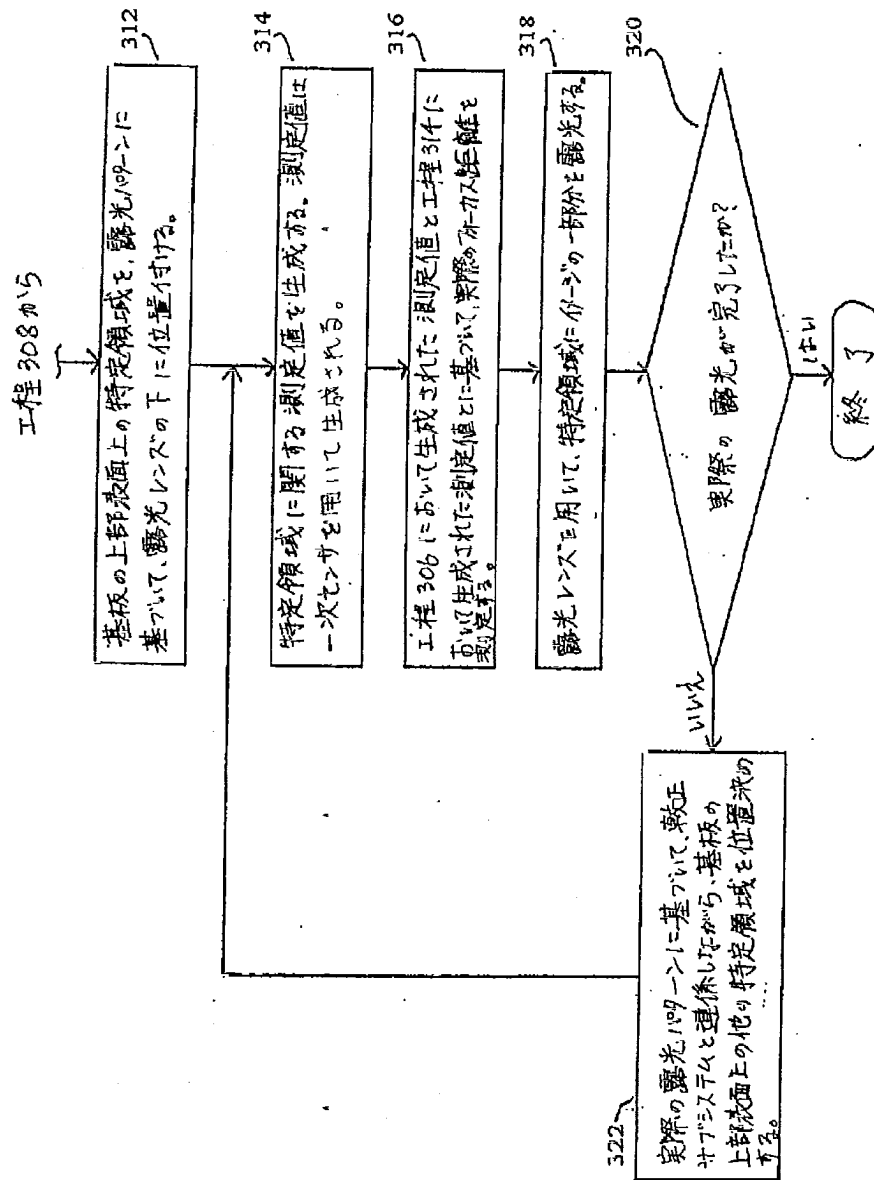
【図1】



【図3A】



【図3B】



【図4】

4002			4005			4006a			4006b			4006c		
404			405			406a			406b			406c		
X/Y座標			校正センサー値 (オフセット)			制御センサーA値			制御センサーB値			制御センサーN値		
X_1/Y_1			Calibration _{1,1}			ControlA _{1,1} ($0 \leq i \leq L-1$)			ControlB _{1,1}			ControlN _{1,1}		
X_1/Y_2			Calibration _{1,2}			ControlA _{1,2} ($0 \leq i \leq L-1$)			ControlB _{1,2}			ControlN _{1,2}		
X_1/Y_3			Calibration _{1,3}			ControlA _{1,3}			ControlB _{1,3}			ControlN _{1,3}		
.				
X_2/Y_1			Calibration _{2,1}			ControlA _{2,1}			ControlB _{2,1}			ControlN _{2,1}		
X_2/Y_2			Calibration _{2,2}			ControlA _{2,2}			ControlB _{2,2}			ControlN _{2,2}		
X_2/Y_3			Calibration _{2,3}			ControlA _{2,3}			ControlB _{2,3}			ControlN _{2,3}		
.				
X_3/Y_1			Calibration _{3,1}			ControlA _{3,1}			ControlB _{3,1}			ControlN _{3,1}		
X_3/Y_2			Calibration _{3,2}			ControlA _{3,2}			ControlB _{3,2}			ControlN _{3,2}		
X_3/Y_3			Calibration _{3,3}			ControlA _{3,3}			ControlB _{3,3}			ControlN _{3,3}		
.				

フロントページの続き

(72)発明者 ジャスティン エル. クレウザー
アメリカ合衆国 コネチカット 06611,
トランブル, ブランディー レーン
7

(72)発明者 ピーター エル. フィロシ
アメリカ合衆国 コネチカット 06801,
ベセル, チムニー ドライブ 24

(72)発明者 クリストファー ジェイ. メイソン
アメリカ合衆国 コネチカット 06470,
ニュートン, ボタン ショップ ロー
ド 33

Fターム(参考) 2F069 AA02 BB15 GG04 GG06 GG07
GG58 HH09
2H097 AA03 BA01 BA10 CA16 GB01
KA03 KA38 LA09 LA10 LA11
5F046 DA14 DB05 DB06 DB10 DB14